

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-176006

(43)Date of publication of application : 21.06.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/268
B23K 26/06
H01L 21/20
H01S 3/00
// B23K101:40

(21)Application number : 2000-373631

(71)Applicant : SUMITOMO HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 08.12.2000

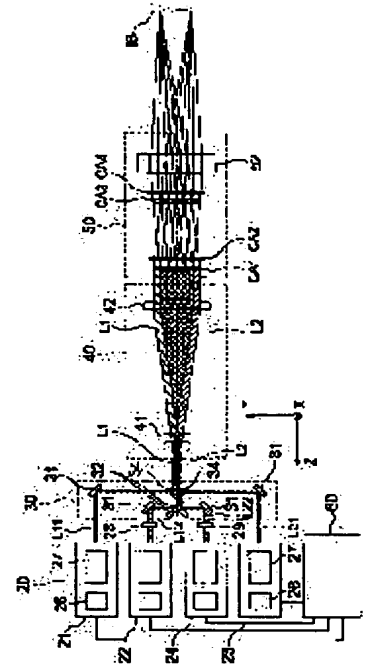
(72)Inventor : YAMAZAKI KAZUNORI

(54) APPARATUS AND METHOD FOR LASER PROCESSING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an apparatus for laser processing capable of simply controlling a pulse shape of a laser beam and enhancing stability of a laser output.

SOLUTION: A trigger signal is output from a control computer 60 to respective solid state laser units 21 to 24 at suitable timing, and laser beams L11 to L22 are emitted from the respective units 21 to 24 at a suitable time difference and polarizing surfaces. The respective beams L11 to L22 are coupled by a coupling optical system 30 to become two sets of the beams L1 and L2 slightly separately advanced in parallel. Both the beams L1 and L2 are enlarged in a beam diameter as retaining as a parallel luminous flux via a telescopic optical system 40, and spatially superposed. The beams L1 and L2 fed through the system 40 are disassembled into secondary light sources of 6×6 by a homogenizer 50, and superposed on a processing surface IS to be incident.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

19.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3530484

[Date of registration]

05.03.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Family list

2 family member for: **JP2002176006**

Derived from 1 application

[Back to JP2002176006](#)

1 APPARATUS AND METHOD FOR LASER PROCESSING

Inventor: YAMAZAKI KAZUNORI

Applicant: SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES

EC:

IPC: B23K26/06; B23K26/067; B23K26/073
(+12)

Publication info: JP3530484B2 B2 - 2004-05-24

JP2002176006 A - 2002-06-21

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-176006

(P2002-176006A)

(43)公開日 平成14年6月21日(2002.6.21)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームト* (参考)

H 0 1 L 21/268

H 0 1 L 21/268

J 4 E 0 6 8

B 2 3 K 26/06

B 2 3 K 26/06

E 5 F 0 5 2

C 5 F 0 7 2

H 0 1 L 21/20

H 0 1 L 21/20

H 0 1 S 3/00

H 0 1 S 3/00

B

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2000-373631(P2000-373631)

(22)出願日

平成12年12月8日(2000.12.8)

(71)出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72)発明者 山崎 和則

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重

機械工業株式会社平塚事業所内

(74)代理人 100089015

弁理士 牧野 剛博 (外3名)

Fターム(参考) 4E068 CA03 CA07 CB10 CD02 CD04

CD05 CD08

5F052 BA11 BB03 DA01

5F072 AB15 HH07 JJ01 JJ05 KK05

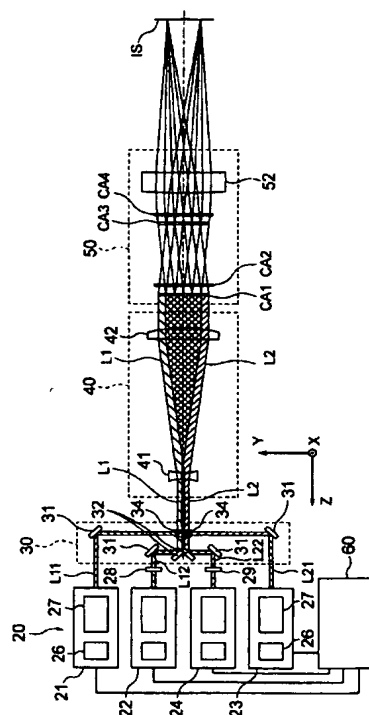
KK12 KK15 KK30 SS06 YY08

(54)【発明の名称】 レーザ加工装置及び方法

(57)【要約】

【課題】 レーザビームのパルス形状を簡易に制御することができ、レーザ出力の安定性を高めることができるレーザ加工装置を提供すること。

【解決手段】 制御用コンピュータ60から各固体レーザ装置21～24に適切なタイミングでトリガ信号を出力して、各固体レーザ装置21～24から適当な時間差及び偏光面でレーザビームL11～L22を出射させる。各レーザビームL11～L22は、結合光学系30で結合され、僅かに離れて並進する2組のレーザビームL1、L2となる。両レーザビームL1、L2は、テレスコープ光学系40を経て平行光束のままビーム径が拡大されて空間的に重ね合わされる。テレスコープ光学系40を経たレーザビームL1、L2は、ホモジナイザ50によって6×6の2次光源に分解され、加工面IS上に重畳して入射する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パルス状のレーザビームを発生する複数の固体レーザ装置を有する光源装置と、前記光源装置からの複数のレーザビームを重畳して対象面に入射させる合成光学系と、前記複数の固体レーザ装置の動作タイミングを調整して所定の時間的波形を有するパルス形成するタイミング調整装置と、を備えるレーザ加工装置。

【請求項2】 パルス状のレーザビームを発生する複数の固体レーザ装置を有する光源装置と、前記光源装置からの複数のレーザビームを重畳して対象面に入射させる合成光学系と、を備えるレーザ加工装置において、前記光源装置は、 N を自然数として、直線偏光を発生する $2N$ 台の固体レーザ装置を含むとともに、 n を N 以下の自然数として、所定偏光面に設定された第 $(2n-1)$ 番目の固体レーザ装置と前記所定偏光面と異なる偏光面に設定された第 $(2n)$ 番目の固体レーザ装置とは、第 n 番目の光源ユニットを構成し、前記合成光学系は、各光源ユニットから出射する一対のレーザビームをそれぞれ結合して N 組のレーザビームを出射する N 個の偏光ビームスプリッタと、前記 N 組のレーザビームを束ねたレーザビームを複数のレーザビームに分解するとともに分割されたレーザビームを略同一サイズの均一ビームとして前記対象面上に重畳して入射させる均一化光学系とを備えることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項3】 前記光源装置に含まれる前記固体レーザ装置は、奇数台であり、前記光源ユニットを構成しない固体レーザ装置は、円偏光のレーザビームを前記合成光学系に入射させることを特徴とする請求項2記載のレーザ加工装置。

【請求項4】 前記光源ユニットを構成しない固体レーザ装置は、直線偏光を円偏光に変更する $1/4$ 波長板を備えることを特徴とする請求項3記載のレーザ加工装置。

【請求項5】 前記第 $(2n)$ 番目の固体レーザ装置は、レーザビームの偏光面を変更する $1/2$ 波長板を備えることを特徴とする請求項2から4のいずれか記載のレーザ加工装置。

【請求項6】 前記レーザ加工装置は、前記複数の固体レーザ装置の動作タイミングを調整して所定の時間的波形を有するパルス形成するタイミング調整装置を備えることを特徴とする請求項2から5のいずれか記載のレーザ加工装置。

【請求項7】 前記タイミング調整装置は、前記複数のレーザビームを時系列的につないで所定の時間的波形を有するパルス形成することを特徴とする請求項1及び6のいずれか記載のレーザ加工装置。

【請求項8】 前記固体レーザ装置は、レーザビームの出射口に光路長を調整する光学素子をそれぞれ備えることを特徴とする請求項1から7のいずれか記載のレーザ

加工装置。

【請求項9】 複数の固体レーザ装置を準備して当該複数の固体レーザ装置からパルス状のレーザビームを所定の時間差でそれぞれ発生させる工程と、前記複数の固体レーザ装置からの複数のレーザビームを空間的に重ね合わせる工程と、重ね合わせた前記複数のレーザビームを分割後に略同一サイズの均一ビームとして重畳して対象面に入射させる工程と、を備えることを特徴とするレーザ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パルスレーザを用いたレーザ加工装置及び方法、特に半導体薄膜のアニールに適したレーザ加工装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】アニーリング、リソグラフィ、ドーピング等の半導体プロセスでは、光子エネルギーや微細化の観点から有用として、紫外光が主に利用されている。

【0003】半導体プロセスに利用される従来のレーザ加工装置として、例えばエキシマレーザを用いて非晶質 Si を多結晶 Si に変換するレーザアニール装置が知られている。このようなレーザアニール装置では、高出力のエキシマレーザからのパルスレーザを均一化光学系で一旦分割するとともに同一サイズの均一ビームとして加工面に重畳して照射することが行なわれている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のようなレーザ加工装置では、レーザビームのパルス波形をほとんど制御することができないので、プロセスに対する自由度が小さくなる。また、エキシマレーザの性能の限界から、レーザ出力の安定性が低く（通常、 $\pm 3\%$ 程度に達する）、この影響を受けてプロセス精度が悪化するという傾向がある。また、エキシマレーザを組み込むことで、装置の設置面積が増大せざるを得ず、省スペース化の要求に応じることができない。さらに、エキシマレーザは、高価でありガス交換等のメンテナンスコストも大である。

【0005】そこで、本発明は、レーザビームのパルス波形を簡易に制御することができ、しかも、レーザ出力の安定性を高めることができ、省スペース化及びコスト低減の要求にも応えることができるレーザ加工装置及び方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係るレーザ加工装置は、パルス状のレーザビームを発生する複数の固体レーザ装置を有する光源装置と、光源装置からの複数のレーザビームを重畳して対象面に入射させる合成光学系と、複数の固体レーザ装置の動作タイミングを調整して所定の時間的波形を有するパルス形成するタイミング調整装置とを備える。

【0007】上記レーザ加工装置では、光源装置として複数の固体レーザ装置を有するものを用いるので、レーザ出力の安定性を比較的高いものとすることができ、省スペース化及びコスト低減を図ることができる。さらに、タイミング調整装置によって複数の固体レーザ装置の動作タイミングを調節しつつ合成光学系を用いて対象面上に各レーザビームを重畳して入射させるので、固体レーザでは従来比較的に弱いとされてきたレーザ出力を見かけ上増大させつつ任意のパルス形状を生成することができる。

【0008】なお、固体レーザ装置は、比較的低波長のレーザビームを発生するレーザ発振素子を備えるものとし、このレーザ発振素子からのレーザビームを適当な高調波発生器で目標値まで短波長化して出射させることができる。

【0009】また、レーザ加工装置は、通常、加工の対象であるワークを載置して3次元的に移動するステージと、上記光源装置及び合成光学系に対してステージを移動させレーザビームをワークの対象面上で適当なタイミング及び距離だけ移動させる駆動手段と、光源装置や駆動手段を統括的に制御するコンピュータ装置とを備える構造をとる。

【0010】また、本発明に係る別のレーザ加工装置は、パルス状のレーザビームを発生する複数の固体レーザ装置を有する光源装置と、光源装置からの複数のレーザビームを重畳して対象面に入射させる合成光学系とを備えるレーザ加工装置において、光源装置が、Nを自然数として、直線偏光を発生する2N台の固体レーザ装置を含むとともに、nをN以下の自然数として、所定偏光面に設定された第(2n-1)番目の固体レーザ装置と所定偏光面と異なる偏光面に設定された第(2n)番目の固体レーザ装置とが、第n番目の光源ユニットを構成し、合成光学系が、各光源ユニットから出射する一対のレーザビームをそれぞれ結合してN組のレーザビームを出射するN個の偏光ビームスプリッタと、N組のレーザビームを束ねたレーザビームを複数のレーザビームに分解するとともに分割されたレーザビームを略同一サイズの均一ビームとして対象面上に重畳して入射させる均一化光学系とを備える。

【0011】上記レーザ加工装置では、複数の固体レーザ装置を用いるので、レーザ出力の安定性を比較的高いものとすることができ、省スペース化及びコスト低減を図ることができる。また、発生した複数のレーザビームを空間的に重ね合わせるので、レーザ出力を見かけ上増大させたパルスを生成することができる。さらに、重ね合わせた複数のレーザビームを分割後に略同一サイズの均一ビームとして重畳して対象面に入射させるので、対象面に入射するレーザビームの光量分布の均一性を確保することができ、より均一なレーザ加工が可能になる。さらに、上記レーザ加工装置では、光源装置が、偏光面

の異なる一対の固体レーザ装置からなる光源ユニットを複数備え、合成光学系が、各光源ユニットから出射する一対のレーザビームをそれぞれ結合してN組のレーザビームを出射するN個の偏光ビームスプリッタと、N組のレーザビームを束ねたレーザビームを複数のレーザビームに分解するとともに分割されたレーザビームを略同一サイズの均一ビームとして対象面上に重畳して入射させる均一化光学系とを備えるので、対象面に入射するレーザビームの偏光面の偏りを低減しつつ光量分布の均一性を確保することができ、さらに均一なレーザ加工が可能になる。

【0012】上記装置の好ましい態様では、光源装置に含まれる固体レーザ装置が、奇数台であり、光源ユニットを構成しない固体レーザ装置が、円偏光のレーザビームを合成光学系に入射させることを特徴とする。

【0013】上記レーザ加工装置では、光源ユニットを構成しない固体レーザ装置が円偏光のレーザビームを合成光学系に入射させるので、対象面に入射するレーザビームの偏光特性の偏りを低減することができる。

【0014】上記装置の好ましい態様では、光源ユニットを構成しない固体レーザ装置が、直線偏光を円偏光に変更する1/4波長板を備えることを特徴とする。この場合、簡易に円偏光を得ることができる。

【0015】上記装置の好ましい態様では、第(2n)番目の固体レーザ装置が、レーザビームの偏光面を変更する1/2波長板を備えることを特徴とする。この場合、レーザビームの偏光面を簡易に直交方向に変更することができる。

【0016】上記装置の好ましい態様では、タイミング調整装置が、複数のレーザビームを時系列的につないで所定の時間的波形を有するパルスを形成することを特徴とする。この場合、パルス波形を経時的に減衰するものとすることができ、冷却時間の制御が必要となるレーザアニーリング装置への応用に好適である。

【0017】上記装置の好ましい態様では、固体レーザ装置が、レーザビームの出射口に光路長を調整する光学素子をそれぞれ備えることを特徴とする。この場合、対象面上にスペックルパターンが発生して均一な加工の妨げとなることを防止することができる。

【0018】本発明に係るレーザ加工方法は、複数の固体レーザ装置を準備してこれら複数の固体レーザ装置からパルス状のレーザビームを所定の時間差でそれぞれ発生させる工程と、複数の固体レーザ装置からの複数のレーザビームを空間的に重ね合わせる工程と、重ね合わせた複数のレーザビームを分割後に略同一サイズの均一ビームとして重畳して対象面に入射させる工程とを備えることを特徴とする。

【0019】上記レーザ加工方法では、複数の固体レーザ装置を用いるので、レーザ出力の安定性を比較的高いものとすることができ、省スペース化及びコスト低減を

10

20

30

40

50

図ることができる。また、複数の固体レーザ装置からパルス状のレーザビームを所定の時間差でそれぞれ発生させるとともに、発生した複数のレーザビームを空間的に重ね合わせるので、レーザ出力を見かけ上増大させつつ任意のパルス形状を生成することができる。さらに、重ね合わせた複数のレーザビームを分割後に略同一サイズの均一ビームとして重畳して対象面に入射させるので、対象面に入射するレーザビームの光量分布の均一性を確保することができ、より均一なレーザ加工が可能になる。

【0020】

【発明の実施の形態】〔第1実施形態〕図1は、本発明に係る第1実施形態のレーザ加工装置の構造を説明する図である。

【0021】このレーザ加工装置は、紫外域のレーザビームを発生する4つの固体レーザ装置21～24を備える光源装置20と、各固体レーザ装置21～24から出射したレーザビームを適宜結合して2組のレーザビームL1、L2を発生する結合光学系30と、結合光学系30を経た2組のレーザビームL1、L2を拡大して空間的に重ね合わせるテレスコープ光学系40と、テレスコープ光学系40で重ね合わされたレーザビームL1、L2を複数のレーザビームに分解するとともに分割されたレーザビームを同一サイズの均一ビームとして加工面IS上に重畳して入射させる均一化光学系であるホモジナイザ50と、光源装置20を構成する各固体レーザ装置21～24の動作タイミングを調整するタイミング調整装置である制御用コンピュータ60とを備える。なお、結合光学系30、テレスコープ光学系40、及びホモジナイザ50は、合成光学系を構成する。

【0022】光源装置20は、同一構造の偶数の第1～4固体レーザ装置21～24を備える。第1及び第2固体レーザ装置21、22は、第1番目の光源ユニットを構成し、第3及び第4固体レーザ装置23、24は、第2番目の光源ユニットを構成する。各固体レーザ装置21～24は、その本体がYZ面内に偏光面を有する直線偏光を発生するように配置されているが、偶数番目の第2及び第4固体レーザ装置22、24については、ビーム出射口の近傍に偏光面を90度回転させる1/2波長板28、29を設けている。結果的に、第1及び第3固体レーザ装置21、23から結合光学系30に入射するレーザビームL11、L21は、YZ面内に偏光面を有する直線偏光となり、第2及び第4固体レーザ装置22、24から結合光学系30に入射するレーザビームL12、L22は、XZ面内に偏光面を有する直線偏光となる。

【0023】各固体レーザ装置21～24は、波長約1.053μmの直線偏光であるレーザ光を発生するYLF等の固体レーザ素子26と、この固体レーザ素子26から出射されたレーザ光を3倍の高調波に高効率で変換する高調波発生器である波長変換素子27とを備え

る。

【0024】結合光学系30は、偏向用のターンミラー31、32と、ビーム結合用の偏光ビームスプリッタ34とを備える。第1光源ユニットを構成する第1及び第2固体レーザ装置21、22からのレーザビームL11、L12は、ターンミラー31、32で偏向されて一方の偏光ビームスプリッタ34の一方の入射面に入射し、ここで結合されてレーザビームL1となる。第2光源ユニットを構成する第3及び第4固体レーザ装置23、24からのレーザビームL21、L22も、ターンミラー31、32で偏向されて他方の偏光ビームスプリッタ34の一方の入射面に入射し、ここで結合されてレーザビームL2となる。

【0025】図2は、偏光ビームスプリッタ34の働きを説明する図である。第1固体レーザ装置21からのレーザビームL11は、P偏光として第1偏光ビームスプリッタ34に入射して偏光分離面43aで反射され、第2固体レーザ装置22からのレーザビームL12は、S偏光として第1偏光ビームスプリッタ34に入射して偏光分離面43aを通過する。これにより、両レーザビームL11、L12が結合されて偏光方向に偏りのないランダム偏光（自然偏光）状態のレーザビームL1となる。

【0026】また、第3固体レーザ装置23からのレーザビームL21は、P偏光として第2偏光ビームスプリッタ34に入射して偏光分離面43aで反射され、第4固体レーザ装置24からのレーザビームL22は、S偏光として第2偏光ビームスプリッタ34に入射して偏光分離面43aを通過する。これにより、両レーザビームL21、L22が結合されて偏光方向に偏りのないランダム偏光のレーザビームL2となる。

【0027】図1に戻って、テレスコープ光学系40は、凹レンズ41と凸レンズ42とを備える。結合光学系30を出射した2組のレーザビームL1、L2は、近接して並進し、凹レンズ41を経て発散された後、凸レンズ42を平行光束にされる。この結果、各レーザビームL1、L2のビーム径が増大し、両レーザビームL1、L2は、ほぼ全体に亘って空間的に重複して束ねられた状態となる。両レーザビームL1、L2の拡大率は、ホモジナイザ50の開口サイズに合わせて適宜調整されている。なお以上の説明では、テレスコープ光学系40を凹凸レンズからなるガリレオタイプとしたが、テレスコープ光学系40は、一対の凸レンズからなるケプラータイプとすることもでき、これによっても上記と同様に、各レーザビームL1、L2のビーム径を増大させつつこれらを空間的に略重複させることができる。

【0028】ホモジナイザ50は、シリンダリカルレンズアレイCA1～CA4によりレーザビームL1、L2を一旦2次元的に分解して多数の2次光源を形成するとともに、これらの2次光源を加工面IS上に重畳して入射させ、レーザ照射の均一化を図る働きを有する。

【0029】図3は、ホモジナイザ50の構造をより詳細に説明する図である。図からも明らかなように、ホモジナイザ20は、第1～第4シリンドリカルレンズアレイCA1～CA4と、凸レンズのコンデンサレンズ52とからなる。ここで、第1及び第3シリンドリカルレンズアレイCA1、CA3は、YZ断面に曲率を有し、第2及び第4シリンドリカルレンズアレイCA2、CA4は、XZ断面に曲率を有する。なおこの場合、ホモジナイザ20を4つのシリンドリカルレンズアレイで構成して被照射面ISに投影されるビームサイズを各軸(X、Y)に関して調整できるようにしているが、ビームサイズを可変にする必要がなければ、ホモジナイザ20は、XZ断面及びYZ断面にそれぞれ曲率を持つシリンドリカルレンズアレイを一個ずつ用いた、計2枚のレンズアレイ構成とすることもできる。

【0030】ホモジナイザ50に入射したレーザービームL1、L2は、第1及び第3シリンドリカルレンズアレイCA1、CA3によって、Y方向に関し、アレイを構成するセグメント数に対応して6分割される。また、レーザービームL1、L2は、第2及び第4シリンドリカルレンズアレイCA2、CA4によって、X方向に関しても、アレイを構成するセグメント数に対応して6分割される。この結果、6×6に分割された2次光源が形成される。分割された2次光源からの光ビームは、コンデンサレンズ21に入射する。コンデンサレンズ21に入射した各2次光源からの光ビームは、コンデンサレンズ21のバックフォーカス位置に配置された被照射面ISで重ね合わされて矩形領域を均一に照射する。なお以上の説明では、シリンドリカルレンズアレイCA1～CA4を用いて各軸(X、Y)に関してレーザービームを6分割しているが、分割数は任意である。分割数が多くなれば、通常形成される均一ビームの均一度は向上するが、光量ロスが逆に大きくなる。

【0031】なお、レーザービームL1、L2はY方向に位置ずれを有しており、完全に重なり合っておらず、一部がはみ出した状態となっている。しかし、ホモジナイザ50からビームが溢れなければ、光量ロスは生じない。この際、レーザービームL1、L2のY方向の位置ずれは、第1シリンドリカルレンズアレイCA1の1セグメント分の間隔とすることが望ましい。これにより、各セグメント、特に上下両端のセグメントに入射するレーザービームの空間的強度分布を均一にすることができる。

【0032】図1に戻って、制御用コンピュータ60は、光源装置20を構成する各固体レーザー装置21～24にトリガ信号を出力することにより、これら固体レーザー装置21～24の発振タイミングを調整する。これにより、各固体レーザー装置21～24からのレーザービームL11～L22の射出タイミングが調整され、全体として1つのパルス形状を形成することができる。

【0033】図4は、レーザービームL11～L22を適当な

時間差でつなげて1つのパルスを形成する方法を説明する図である。最初に、第1固体レーザー装置21からレーザービームL11が出射する。次に、遅延時間 t_1 で、第2固体レーザー装置22からレーザービームL12が出射する。次に、遅延時間 t_2 で、第3固体レーザー装置23からレーザービームL21が出射する。次に、遅延時間 t_3 で、第4固体レーザー装置24からレーザービームL22が出射する。各レーザービームL11～L22の強度や遅延時間 t_1 ～ t_3 を適宜調節することにより、等価的に任意の波形を有するパルスPLを形成することができる。このような長いパルスPLによる加工は、冷却時間を制御する必要があるレーザーアニーリング装置で特に有効な照射方法である。

【0034】各レーザービームL11～L22の強度は、各固体レーザー装置21～24の出力をフィルタを用いて減衰させること等によって適宜調節可能である。遅延時間 t_1 ～ t_3 は、制御用コンピュータ60から各固体レーザー装置21～24に供給するトリガ信号のタイミングによって調整することができる。

【0035】以下、図1に示す第1実施形態のレーザー加工装置の動作について説明する。まず、制御用コンピュータ60から各固体レーザー装置21～24に適当なタイミングでトリガ信号を出力して、各固体レーザー装置21～24から適当な時間差及び偏光面でレーザービームL11～L22を出射させる。各レーザービームL11～L22は、結合光学系30で結合され、僅かに離れて並進する2組のレーザービームL1、L2となる。両レーザービームL1、L2は、テレスコープ光学系40を経て平行光束のままビーム径が拡大されて空間的に重ね合わされる。テレスコープ光学系40を経たレーザービームL1、L2は、ホモジナイザ50によって6×6の2次光源に分解され、加工面IS上に重畳して入射する。

【0036】この際、光源装置20として固体レーザー装置21～24を用いているので、エキシマレーザー等の気体レーザーを用いた場合に比較して、レーザー出力の安定性が高まる(通常±1%程度以下)。よって、レーザービームの強度及びパルス波形を安定したものとできる。また、固体レーザー装置21～24は、気体レーザー等に比較して小型かつ安価であるので、レーザー加工装置の省スペース化及びコスト低減を図ることができ、メンテナンスも簡単かつ安価である。また、4つの固体レーザー装置21～24からレーザービームL11～L22を所定の時間差でそれぞれ発生させるとともに、発生した複数のレーザービームL11～L22を空間的に重ね合わせることで、レーザー出力を見かけ上増大させつつ任意のパルス形状を生成することができる。これにより、加工面ISにおける照射面積をある程度大きくすることができるとともに、プロセスの自由度を高めることができる。また、ホモジナイザ50を用いて加工面ISに入射するレーザービームの光量分布を均一なものとしているので、対象領域の均一なレー

加工が可能になる。

【0037】以上説明した第1実施形態では、光源装置20を構成する固体レーザ装置21～24を4台としたが、Nを任意の自然数として2N台（つまり任意の偶数台）の固体レーザ装置によって光源装置を構成することができる。この場合、nをN以下の自然数として、第（2n-1）番目の固体レーザ装置からのレーザビームを例えばP偏光とし、第（2n）番目の固体レーザ装置からのレーザビームをS偏光とする。結合光学系30では、これを構成するN個の偏光ビームスプリッタのうちn番目のものを用いて第（2n-1）番目と第（2n）番目の固体レーザ装置からの一対のレーザビームを結合してランダム偏光とし、かかるランダム偏光のレーザビームをN組得る。テレスコープ光学系40では、N組のレーザビームをそれぞれ拡大して束ね、ホモジナイザ50では、束ねられたレーザビームを多数の2次光源に分解して加工面IS上に重畳して均一に入射させる。

【0038】このように多数の固体レーザ装置を用いて光源装置を構成し、各固体レーザ装置の発振タイミング等を調節するならば、等価的に生成できるパルスは、さらに長くなり、種々の波形を有するものとできる。

〔第2実施形態〕図5は、本発明に係る第2実施形態のレーザ加工装置の構造を説明する図である。

【0039】第2実施形態のレーザ加工装置は、第1実施形態の光源装置20を変形して3つの固体レーザ装置21、22、123からなる光源装置120としたものであり、第1実施形態と共通する部分には同一の符号を付して重複説明を省略する。

【0040】この場合、光源装置120は、第1及び第2固体レーザ装置21、22のほか、適当な偏光面の直線偏光を発生する第3固体レーザ装置123を備える。第3固体レーザ装置123は、ビーム出射口の近傍に1/4波長板129を設けている。これにより、結合光学系130に入射するレーザビームL20は直線偏光から円偏光に変換される。結合光学系130に入射したレーザビームL20は、ターンミラー31、32を経て光路を変更され、偏光ビームスプリッタ34で結合されたレーザビームL1と近接して平行に進行することとなる。

【0041】以上説明した第2実施形態では、ランダム偏光を発生するための光源ユニット21、22を構成しない半端な第3固体レーザ装置123からのレーザビームL20を円偏光に変換している。これは、加工面ISに入射する偏光方向によって吸収率、反射率等に差が出るため、プロセス上の問題が発生する可能性があることを考慮したものである。したがって、プロセス上直線偏光でも問題がなければ、1/4波長板129を省略してもよい。

【0042】また、上記第2実施形態では、光源装置120を構成する固体レーザ装置を3台としたが、Nを任意の自然数として2N+1台（つまり任意の奇数台）の

固体レーザ装置によって光源装置を構成することができる。この場合、2N台までは、光源装置120及び結合光学系130を第1実施形態の光源装置及び結合光学系と同様に配置・構成し、残りの1台の固体レーザ装置からの直線偏光は、1/4波長板129によって円偏光として、結合光学系130に入射させる。

〔第3実施形態〕図6は、第3実施形態のレーザ加工装置の構造を説明する図である。第3実施形態の装置は、第1実施形態のレーザ加工装置を組み込んだシステムである。

【0043】図示のレーザアニール装置は、アモルファス状Si等の半導体薄膜を表面上に形成したガラス板であるワークWを載置して3次的に滑らかに移動可能なステージ10と、ワークW上の半導体薄膜を加熱するため紫外域のレーザビームを発生する複数の固体レーザ装置21～24を内蔵する光源装置20と、各固体レーザ装置21～24からの複数のレーザビームを結合して束ねる結合光学系30と、結合光学系30を経たレーザビームを拡大して空間的に重ね合わせるテレスコープ光学系40と、重ね合わされたレーザビームを複数のレーザビームに分解するとともに同一サイズの均一ビームとして加工面IS上に重畳して入射させるホモジナイザ50と、ワークWを載置したステージ10の位置を検出する位置センサ70と、位置センサ70の検出結果に基づいてステージ10をホモジナイザ50等に対して必要量だけ適宜移動させる駆動手段であるステージ駆動装置80と、レーザアニール装置全体の各部の動作を統括的に制御するコンピュータ主制御装置160とを備える。

【0044】以下、図6の装置の動作について説明する。まず、レーザアニール装置のステージ10上にワークWを搬送して載置する。次に、ホモジナイザ50等の照射光学系に対してステージ10をX軸方向に移動させながら、照射光学系からのレーザビームLBをワークW上に入射させる。これにより、レーザビームLBによるワークWの主走査が行われる。さらに、主走査の終了ごとにステージ10をY軸方向にステップ移動させる副走査を行えば、ワークW全面のレーザアニールが可能になる。なお、ホモジナイザ50等によって矩形ではなく線状のレーザビームLBを形成すれば、ステージ10をX軸方向に移動させるだけで、ワークW全面のレーザアニールが可能になる。

【0045】レーザビームLBの走査に際しては、各固体レーザ装置21～24の動作タイミングを調節することにより、経時的に所望の分布を有するパルス波形を形成する。これにより、冷却時間の制御が可能になり、多様なニーズに応えることができる。なお、連続する一対のレーザビームLBの照射領域は、ステージ10の駆動を適宜制御することによって適当量重複したものとしてもできるが、隙間無くつなぎ合わせたものとしてもできる。

【0046】以上、実施形態に即してこの発明を説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば上記実施形態では、1/2波長板28、29を用いて偏光面を回転させているが、第2及び第4固体レーザ装置22、24自体を光軸の回りに90度回転させれば、1/2波長板28、29は不要となる。つまり、何らかの方法で、レーザビームL11、L21の偏光面と、レーザビームL12、L22の偏光面とを直交した状態として結合光学系30に入射させればよい。

【0047】また、上記実施形態では、波長変換素子27とを用いて紫外光を発生しているが、それ自体で紫外光を発生する固体レーザ素子26を用いるならば、波長変換素子27を用いることによるエネルギー密度のロス

を低減することができる。
【0048】また、加工面1S上にレーザビームによってスペックルパターンが形成されるような場合は、図7に示すように、各固体レーザ装置21～24の出射口に光路長すなわち位相を調節する素子21a～24aを設けることができる。図示していないが、第2実施形態の場合も各固体レーザ装置21、22、123の出射口に光路長調節用の素子を配置することができる。各素子21a～24aは、単なる石英ガラス板とすることができ、固体レーザ装置21～24相互の位相を調整することにより、スペックルパターンを目立たなくすることができる。

【0049】また、上記実施形態のレーザ加工装置は、液晶や半導体のレーザアニーリング装置としてのみ使用されるものではなく、多様な材料の表面改質その他の様々な加工に応用可能である。

【0050】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明のレーザ加工装置によれば、レーザ出力の安定性を比較的高いものとすることができ、省スペース化及びコスト低減を図ることができる。さらに、レーザ出力を見かけ上増大させつつ任意のパルス形状を生成することができる。

【0051】また、本発明の別のレーザ加工装置によれば、レーザ出力の安定性を比較的高いものとすることが

でき、省スペース化及びコスト低減を図ることができる。さらに、レーザ出力を見かけ上増大したパルスを生成することができ、しかも、より均一なレーザ加工が可能になる。

【0052】また、本発明のレーザ加工方法によっても、レーザ出力の安定性を比較的高いものとすることができ、省スペース化及びコスト低減を図ることができる。また、レーザ出力を見かけ上増大させつつ任意のパルス形状を生成することができる。さらに、対象面に入射するレーザビームの光量分布の均一性を確保することができ、より均一なレーザ加工が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態のレーザ加工装置の構造を説明する図である。

【図2】結合光学系を構成する偏光ビームスプリッタの働きを説明する図である。

【図3】ホモジナイザの構造を説明する図である。

【図4】加工面上に投影されるレーザビームの合成パルス波形を説明する図である。

【図5】第2実施形態のレーザ加工装置の構造を説明する図である。

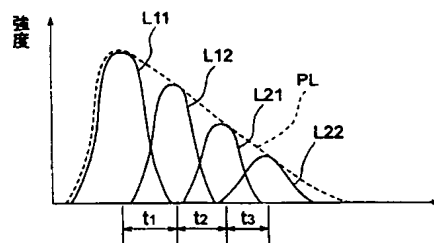
【図6】第3実施形態のレーザアニール装置の構造を説明する図である。

【図7】第1実施形態のレーザ加工装置の変形を説明する図である。

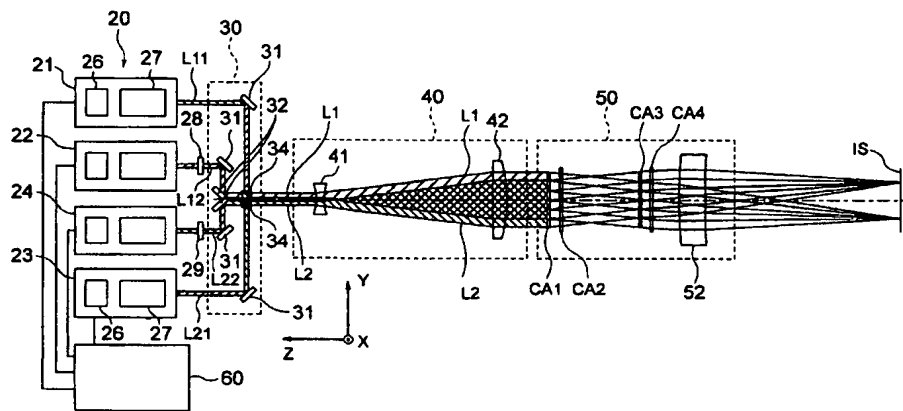
【符号の説明】

- 10 ステージ
- 20 ホモジナイザ
- 20 光源装置
- 21～24 固体レーザ装置
- 26 固体レーザ素子
- 27 波長変換素子
- 28、29 1/2波長板
- 30 結合光学系
- 34 偏光ビームスプリッタ
- 40 テレスコープ光学系
- 50 ホモジナイザ
- 60 制御用コンピュータ

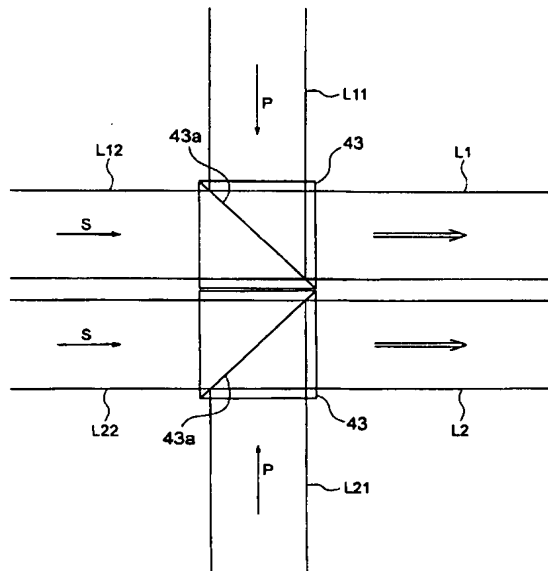
【図4】



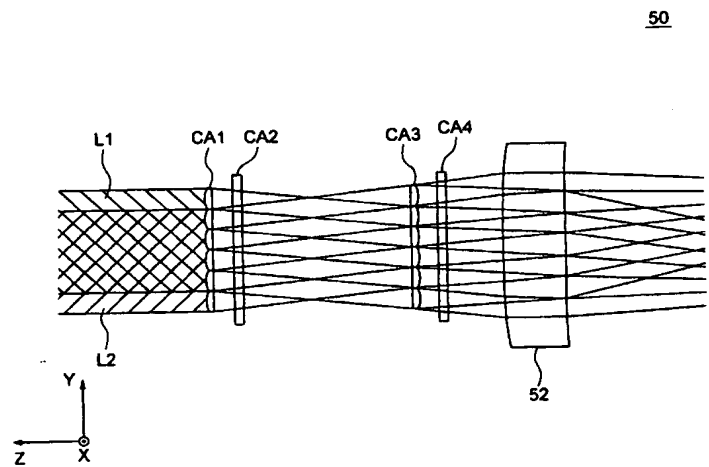
【図1】



【図2】

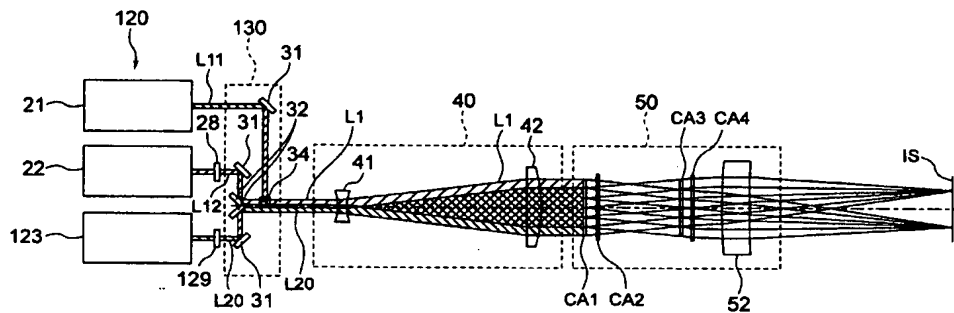


【図3】

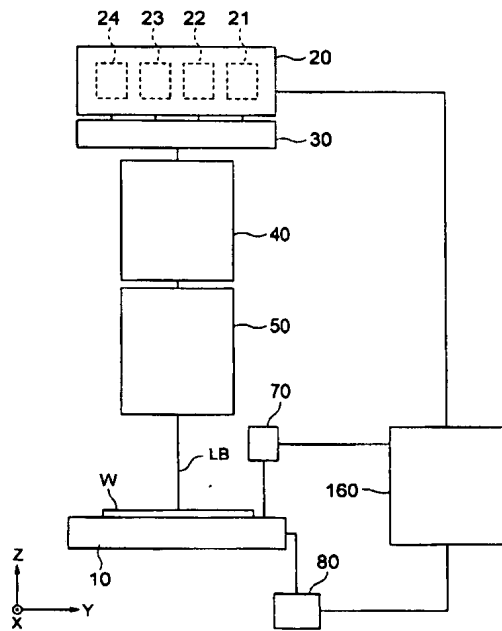


50

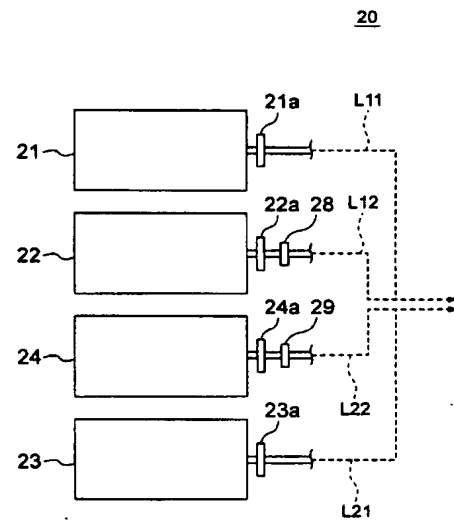
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

// B 2 3 K 101:40

B 2 3 K 101:40

(11)Publication number : 2002-176006

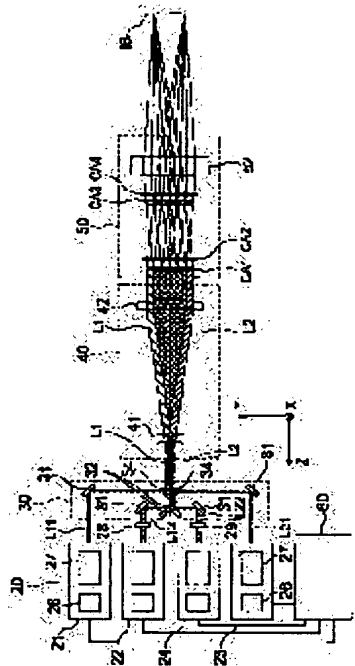
(43)Date of publication of application : 21.06.2002

(51)Int.Cl. H01L 21/268
B23K 26/06
H01L 21/20
H01S 3/00
// B23K101:40

(21)Application number : 2000-373631 (71)Applicant : SUMITOMO HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 08.12.2000 (72)Inventor : YAMAZAKI KAZUNORI

(54) APPARATUS AND METHOD FOR LASER PROCESSING



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an apparatus for laser processing capable of simply controlling a pulse shape of a laser beam and enhancing stability of a laser output.

SOLUTION: A trigger signal is output from a control computer 60 to respective solid state laser units 21 to 24 at suitable timing, and laser beams L11 to L22 are emitted from the respective units 21 to 24 at a suitable time difference and polarizing surfaces. The respective beams L11 to L22 are coupled by a coupling optical system 30 to become two sets of the beams L1 and L2 slightly separately advanced in parallel. Both the beams L1 and L2

are enlarged in a beam diameter as retaining as a parallel luminous flux via a telescopic optical system 40, and spatially superposed. The beams L1 and L2 fed through the system 40 are disassembled into secondary light sources of 6×6 by a homogenizer 50, and superposed on a processing surface IS to be incident.

[Claim(s)]

[Claim 1] Laser-beam-machining equipment equipped with the light equipment which has two or more solid-state-laser equipments which generate a pulse-like laser beam, the synthetic optical system which superimpose two or more laser beams from said light equipment, and an object side is made to carry out incidence, and the timing adjusting device which forms the pulse which adjusts the timing of two or more of said solid-state-laser equipments of operation, and has a predetermined time wave.

[Claim 2] In laser-beam-machining equipment equipped with the light equipment which has two or more solid-state-laser equipments which generate a pulse-like laser beam, and the synthetic optical system which superimpose two or more laser beams from said light equipment, and an object side is made to carry out incidence While the 2-N set solid-state-laser equipment which said light equipment makes N the natural number, and generates the linearly polarized light is included The solid-state-laser equipment of eye ** (2n) watch were set as the solid-state-laser equipment of eye ** (2n-1) watch were set as predetermined plane of polarization, said predetermined plane of polarization, and different plane of polarization as the natural number below N n The n-th light source unit is constituted. Said synthetic optical system The polarization beam splitter of N individual which combines the laser beam of the couple which carries out outgoing radiation from each light source unit, respectively, and carries out outgoing radiation of the laser beam of N group, Laser-beam-machining equipment characterized by having the equalization optical system to which the laser beam divided while decomposing into two or more laser beams the laser beam which bundled the laser beam of said N group is superimposed on said object side as a homogeneity beam of abbreviation same size, and carries out incidence.

[Claim 3] The solid-state-laser equipment which there are said odd solid-state-laser equipments contained in said light equipment, and does not constitute said light source unit is laser-beam-machining equipment according to claim 2 characterized by carrying out incidence of the laser beam of the circular polarization of light to said synthetic optical system.

[Claim 4] The solid-state-laser equipment which does not constitute said light source unit is laser-beam-machining equipment according to claim 3 characterized by having the quarter-wave length plate which changes the linearly polarized light into the circular polarization of light.

[Claim 5] For the solid-state-laser equipment of eye said ** (2n) watch, claims 2-4 characterized by having 1/2 wavelength plate which changes the plane of polarization of a laser beam are laser-beam-machining equipment of a publication either.

[Claim 6] For said laser-beam-machining equipment, claims 2-5 characterized by having the timing adjusting device which forms the pulse which adjusts the timing of two or more of said solid-state-laser equipments of operation, and has a predetermined time wave are laser-beam-machining equipment of a publication either.

[Claim 7] For said timing adjusting device, claims 1 and 6 characterized by forming the pulse which connects said two or more laser beams serially, and has a predetermined time wave are laser-beam-machining equipment of a publication either.

[Claim 8] For said solid-state-laser equipment, claims 1-7 characterized by having the optical element which adjusts the optical path length to outgoing radiation opening of a laser beam, respectively are laser-beam-machining equipment of a publication either.

[Claim 9] The laser-beam-machining approach characterized by to have the process which two or more solid-state-laser equipments are prepared [process], and generates a pulse-like laser beam in predetermined time difference from two or more solid-state-laser equipments concerned, respectively, the process which piles up spatially two or more laser beams from two or more of said solid-state-laser equipments, and the process which superimpose as a homogeneity beam of abbreviation same size after dividing two or more of said piled-up laser beams, and an object side is made to carry out incidence.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the laser-beam-machining equipment and the approach of having been suitable for annealing of the laser-beam-machining equipment and the approach of having used the pulse laser, especially a semi-conductor thin film.

[0002]

[Description of the Prior Art] In semi-conductor processes, such as annealing, lithography, and doping, ultraviolet radiation is mainly used as useful from photon energy or a viewpoint of detailed-izing.

[0003] The laser annealer which changes amorphous Si into Polycrystal Si, using excimer laser as conventional laser-beam-machining equipment used for a semi-conductor process is known. In such a laser annealer, while once dividing the pulse laser from the excimer laser of high power by equalization optical system, superimposing and irradiating a processing side as a homogeneity beam of the same size is performed.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] With the above laser-beam-machining equipments, since the pulse shape of a laser beam is hardly uncontrollable, the degree of freedom to a process becomes small. Moreover, from the limitation of the engine performance of excimer laser, the stability of a laser output is low (it usually reaches to about **3%), and there is an inclination for process precision to get worse in response to this effect. moreover, the thing incorporating excimer laser -- the installation area of equipment -- not increasing -- it cannot obtain and the demand of space-saving-izing cannot be accepted. Furthermore, excimer laser is expensive and maintenance costs, such as a gas exchange, are also size.

[0005] Then, this invention can control the pulse shape of a laser beam simply, moreover, can raise the stability of a laser output and aims at offering the laser-beam-machining equipment and the approach of also meeting the demand of space-saving-izing and cost reduction.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The laser-beam-machining equipment applied to this invention in order to solve the above-mentioned technical problem is equipped with the light equipment which has two or more solid-state-laser equipments which generate a pulse-like laser beam, the synthetic optical system which superimpose two or more laser beams from light equipment, and an object side is made to carry out incidence, and the timing adjusting device which forms the pulse which adjusts the timing of two or more solid-state-laser equipments of operation, and has a predetermined time wave.

[0007] With the above-mentioned laser-beam-machining equipment, since what has two or more solid-state-laser equipments as light equipment is used, stability of a laser output can be made comparatively high and space-saving-izing and cost reduction can be planned. Furthermore, since incidence of each laser beam is superimposed and carried out on an object side using synthetic optical system, adjusting the timing of two or more solid-state-laser equipments of operation with a timing adjusting device, in solid state laser, the pulse configuration of arbitration is generable, increasing the weakened [former comparatively] laser output seemingly.

[0008] In addition, solid-state-laser equipment shall be equipped with the laser oscillation component which generates the laser beam of low wavelength comparatively, with a suitable harmonic generator, to desired value, can short-wavelength-ize the laser beam from this laser oscillation component, and can carry out outgoing radiation.

[0009] Moreover, laser-beam-machining equipment takes structure equipped with the computer apparatus which controls in generalization the stage where usually lays the work piece which is the object of processing, and it moves in three dimension, the

driving means to which a stage is moved to the above-mentioned light equipment and synthetic optical system, and only suitable timing and distance move a laser beam on the object side of a work piece, and light equipment and a driving means.

[0010] Moreover, the light equipment which has two or more solid-state-laser equipments with which another laser-beam-machining equipment concerning this invention generates a pulse-like laser beam, While the 2-N set solid-state-laser equipment with which light equipment generates the linearly polarized light by making N into the natural number in laser-beam-machining equipment equipped with the synthetic optical system which superimposes two or more laser beams from light equipment, and an object side is made to carry out incidence is included The solid-state-laser equipment of eye ** (2n) watch were set as the solid-state-laser equipment of eye ** (2n-1) watch were set as predetermined plane of polarization, predetermined plane of polarization, and different plane of polarization as the natural number below N n The polarization beam splitter of N individual which the n-th light source unit is constituted, and synthetic optical system combines the laser beam of the couple which carries out outgoing radiation from each light source unit, respectively, and carries out outgoing radiation of the laser beam of N group, It has the equalization optical system to which the laser beam divided while decomposing into two or more laser beams the laser beam which bundled the laser beam of N group is superimposed on an object side as a homogeneity beam of abbreviation same size, and carries out incidence.

[0011] With the above-mentioned laser-beam-machining equipment, since two or more solid-state-laser equipments are used, stability of a laser output can be made comparatively high and space-saving-izing and cost reduction can be planned. Moreover, since two or more generated laser beams are piled up spatially, the pulse which increased the laser output seemingly is generable. Furthermore, since it superimposes as a homogeneity beam of abbreviation same size after dividing two or more piled-up laser beams, and an object side is made to carry out incidence, the homogeneity of the quantity of light distribution of a laser beam which carries out incidence to an object side can be secured, and more uniform laser beam machining becomes possible. The light source unit with which light equipment consists of solid-state-laser equipment of a couple with which plane of polarization differs with the above-mentioned laser-beam-machining equipment Furthermore, two or more preparations, The polarization beam splitter of N individual to which synthetic optical system combines the laser beam of the couple which carries out outgoing radiation from each light source unit, respectively, and carries out outgoing radiation of the laser beam of N group, Since

it has the equalization optical system to which the laser beam divided while decomposing into two or more laser beams the laser beam which bundled the laser beam of N group is superimposed on an object side as a homogeneity beam of abbreviation same size, and carries out incidence The homogeneity of quantity of light distribution can be secured reducing ***** of the plane of polarization of the laser beam which carries out incidence to an object side, and still more uniform laser beam machining becomes possible.

[0012] The solid-state-laser equipment with which there are odd solid-state-laser equipments contained in light equipment, and they do not constitute a light source unit from a desirable mode of the above-mentioned equipment is characterized by carrying out incidence of the laser beam of the circular polarization of light to synthetic optical system.

[0013] With the above-mentioned laser-beam-machining equipment, since the solid-state-laser equipment which does not constitute a light source unit carries out incidence of the laser beam of the circular polarization of light to synthetic optical system, ***** of the polarization property of the laser beam which carries out incidence to an object side can be reduced.

[0014] In the desirable mode of the above-mentioned equipment, the solid-state-laser equipment which does not constitute a light source unit is characterized by having the quarter-wave length plate which changes the linearly polarized light into the circular polarization of light. In this case, the circular polarization of light can be acquired simply.

[0015] In the desirable mode of the above-mentioned equipment, the solid-state-laser equipment of eye ** $(2n)$ watch is characterized by having $1/2$ wavelength plate which changes the plane of polarization of a laser beam. In this case, the plane of polarization of a laser beam can be simply changed in the rectangular direction.

[0016] In the desirable mode of the above-mentioned equipment, a timing adjusting device is characterized by forming the pulse which connects two or more laser beams serially, and has a predetermined time wave. In this case, it is suitable for the application to the laser annealing equipment for which pulse shape shall be decreased with time and control of a cooldown delay is needed.

[0017] In the desirable mode of the above-mentioned equipment, solid-state-laser equipment is characterized by having the optical element which adjusts the optical path length to outgoing radiation opening of a laser beam, respectively. In this case, it can prevent a speckle pattern being generated and becoming the hindrance of uniform processing on an object side.

[0018] The laser-beam-machining approach concerning this invention is characterized by to have the process which two or more solid-state-laser equipments are prepared [process], and generates a pulse-like laser beam in predetermined time difference from the solid-state-laser equipment of these plurality, respectively, the process which piles up spatially two or more laser beams from two or more solid-state-laser equipments, and the process superimposes as a homogeneity beam of abbreviation same size after dividing two or more piled-up laser beams, and a process makes [an object side] carry out incidence.

[0019] By the above-mentioned laser-beam-machining approach, since two or more solid-state-laser equipments are used, stability of a laser output can be made comparatively high and space-saving-izing and cost reduction can be planned. Moreover, since two or more generated laser beams are spatially piled up while generating a pulse-like laser beam in predetermined time difference from two or more solid-state-laser equipments, respectively, the pulse configuration of arbitration is generable, increasing a laser output seemingly. Furthermore, since it superimposes as a homogeneity beam of abbreviation same size after dividing two or more piled-up laser beams, and an object side is made to carry out incidence, the homogeneity of the quantity of light distribution of a laser beam which carries out incidence to an object side can be secured, and more uniform laser beam machining becomes possible.

[0020]

[Embodiment of the Invention] The [1st operation gestalt] Drawing 1 is drawing explaining the structure of the laser-beam-machining equipment of the 1st operation gestalt concerning this invention.

[0021] Light equipment 20 equipped with four solid-state-laser equipments 21-24 with which this laser-beam-machining equipment generates the laser beam of an ultraviolet area, The joint optical system 30 which combines suitably the laser beam which carried out outgoing radiation from each solid-state-laser equipments 21-24, and generates 2 sets of laser beams L1 and L2, The telescope optical system 40 which expands 2 sets of laser beams L1 and L2 which passed through the joint optical system 30, and is piled up spatially, The homogenizer 50 which is the equalization optical system to which the laser beam divided while decomposing into two or more laser beams the laser beams L1 and L2 piled up by the telescope optical system 40 is superimposed on the processing side IS as a homogeneity beam of the same size, and carries out incidence, It has the computer 60 for control which is the timing adjusting device which adjusts the timing of each solid-state-laser equipments 21-24 which constitute light equipment 20 of operation. In addition, the joint optical system 30, the telescope optical system 40, and a

homogenizer 50 constitute synthetic optical system.

[0022] Light equipment 20 is equipped with the 1-4th solid-state-laser equipments 21-24 of the even number of the same structure. The 1st and 2nd solid-state-laser equipments 21 and 22 constitute the 1st light source unit, and the 3rd and 4th solid-state-laser equipments 23 and 24 constitute the 2nd light source unit. Although each solid-state-laser equipments 21-24 are arranged so that the body may generate the linearly polarized light which has plane of polarization in YZ side, they have formed $1/2$ wavelength plates 28 and 29 made to rotate plane of polarization 90 degrees near the beam outgoing radiation opening about the even-numbered 2nd and 4th solid-state-laser equipments 22 and 24. As a result, the laser beams L12 and L22 which the laser beams L11 and L21 which carry out incidence to the joint optical system 30 from the 1st and 3rd solid-state-laser equipments 21 and 23 serve as the linearly polarized light which has plane of polarization in YZ side, and carry out incidence to the joint optical system 30 from the 2nd and 4th solid-state-laser equipments 22 and 24 serve as the linearly polarized light which has plane of polarization in XZ side.

[0023] Each solid-state-laser equipments 21-24 are equipped with the solid-state-laser components 26, such as YLF which generates the laser beam which is the linearly polarized light with a wavelength of about 1.053 micrometers, and the wavelength sensing element 27 which is the harmonic generator which changes into a 3 times as many higher harmonic as this the laser beam by which outgoing radiation was carried out with a well head from this solid-state-laser component 26.

[0024] The joint optical system 30 is equipped with the turn mirrors 31 and 32 for a deflection, and the polarization beam splitter 34 for beam coupling. It deviates by the turn mirrors 31 and 32, incidence is carried out to the plane of incidence of the couple of one polarization beam splitter 34, it is combined here, and the laser beams L11 and L12 from the 1st and 2nd solid-state-laser equipments 21 and 22 which constitute the 1st light source unit turn into a laser beam L1. It deviates by the turn mirrors 31 and 32, incidence is carried out to the plane of incidence of the couple of the polarization beam splitter 34 of another side, it is combined here, and the laser beams L21 and L22 from the 3rd and 4th solid-state-laser equipments 23 and 24 which constitute the 2nd light source unit also turn into a laser beam L2.

[0025] Drawing 2 is drawing explaining work of a polarization beam splitter 34. Incidence is carried out to the 1st polarization beam splitter 34 as P polarization, and it is reflected by polarization separation side 43a, and the laser beam L11 from the 1st solid-state-laser equipment 21 carries out incidence of the laser beam L12 from the 2nd solid-state-laser equipment 22 to the 1st polarization beam splitter 34 as S polarization,

and passes polarization separation side 43a. It becomes the laser beam L1 of the random polarization (natural polarization) condition which both the laser beams L11 and L12 are combined, and does not have a bias in the polarization direction by this.

[0026] Moreover, incidence is carried out to the 2nd polarization beam splitter 34 as P polarization, and it is reflected by polarization separation side 43a, and the laser beam L21 from the 3rd solid-state-laser equipment 23 carries out incidence of the laser beam L22 from the 4th solid-state-laser equipment 24 to the 2nd polarization beam splitter 34 as S polarization, and passes polarization separation side 43a. It becomes the laser beam L2 of the random polarization which both the laser beams L21 and L22 are combined, and does not have a bias in the polarization direction by this.

[0027] It returns to drawing 1 and the telescope optical system 40 is equipped with a concave lens 41 and a convex lens 42. 2 sets of laser beams L1 and L2 which carried out outgoing radiation of the joint optical system 30 are made into the parallel flux of light in a convex lens 42, after approaching and advancing side by side and being emitted through a concave lens 41. Consequently, the beam diameter of each laser beams L1 and L2 increases, and both the laser beams L1 and L2 cover the whole mostly, and will be in the condition of having overlapped spatially and having been bundled. The dilation ratio of both the laser beams L1 and L2 is suitably adjusted according to the opening size of a homogenizer 50. In addition, although telescope optical system 40 was considered as the Galileo type which consists of a concavo-convex lens in the above explanation, telescope optical system 40 can also be considered as the Kevlar type which consists of a convex lens of a couple, and abbreviation duplication of these can be spatially carried out by this as well as the above, increasing the beam diameter of each laser beams L1 and L2.

[0028] These secondary light sources are superimposed on the processing side IS, and a homogenizer 50 carries out incidence, and has the work which attains equalization of laser radiation while it once decomposes laser beams L1 and L2 two-dimensional by the cylindrical-lens arrays CA1-CA4 and forms much secondary light sources.

[0029] Drawing 3 is drawing which explains the structure of a homogenizer 50 to a detail more. A homogenizer 20 consists of the 1st - the 4th cylindrical-lens arrays CA1-CA4, and a condensing lens 52 of a convex lens so that clearly also from drawing. Here, the 1st and 3rd cylindrical-lens arrays CA1 and CA3 have curvature in YZ cross section, and the 2nd and 4th cylindrical-lens arrays CA2 and CA4 have curvature in XZ cross section. In addition, although it enables it to adjust the beam size which constitutes a homogenizer 20 from four cylindrical-lens arrays in this case, and is projected on an irradiated plane IS about each shaft (X, Y), if it is not necessary to make

beam size adjustable, a homogenizer 20 can also be considered as a total array configurations of two lenses using the cylindrical-lens array which has curvature in XZ cross section and YZ cross section, respectively the piece every.

[0030] Corresponding to the number of segments which constitutes an array, 6 ****s of the laser beams L1 and L2 which carried out incidence are made a homogenizer 50 by the 1st and 3rd cylindrical-lens arrays CA1 and CA3 about the direction of Y. Moreover, corresponding to the number of segments which constitutes an array, 6 ****s of laser beams L1 and L2 are carried out by the 2nd and 4th cylindrical-lens arrays CA2 and CA4 also about the direction of X. Consequently, the secondary light source divided into 6x6 is formed. Incidence of the light beam from the divided secondary light source is carried out to a condensing lens 21. The light beam from the each secondary light source which carried out incidence to the condensing lens 21 is piled up by the irradiated plane IS arranged in the back focus location of a condensing lens 21, and irradiates a rectangle field at homogeneity. In addition, although the laser beam is divided into six about each shaft (X, Y) in the above explanation using the cylindrical-lens arrays CA1-CA4, the number of partitions is arbitrary. Although the uniformity coefficient of the homogeneity beam usually formed will improve if the number of partitions increases, a quantity of light loss becomes conversely large.

[0031] In addition, laser beams L1 and L2 have the location gap in the direction of Y, and do not overlap thoroughly, but are in the condition that the part overflowed. However, if a beam does not overflow from a homogenizer 50, a quantity of light loss is not produced. Under the present circumstances, as for a location gap of the direction of Y of laser beams L1 and L2, it is desirable to consider as spacing for one segment of the 1st cylindrical-lens array CA 1. Thereby, the spatial intensity distribution of the laser beam which carries out incidence to each segment, especially the segment of vertical ends can be made into homogeneity.

[0032] Returning to drawing 1, the computer 60 for control adjusts the oscillation timing of these solid-state-laser equipments 21-24 by outputting a trigger signal to each solid-state-laser equipments 21-24 which constitute light equipment 20. Thereby, the outgoing radiation timing of the laser beams L11-L22 from each solid-state-laser equipments 21-24 is adjusted, and one pulse configuration can be formed as a whole.

[0033] Drawing 4 is drawing explaining how to connect laser beams L11-L22 by suitable time difference, and form one pulse. First, a laser beam L11 carries out outgoing radiation from the 1st solid-state-laser equipment 21. Next, a laser beam L12 carries out outgoing radiation from the 2nd solid-state-laser equipment 22 by the time delay t_1 . Next, a laser beam L21 carries out outgoing radiation from the 3rd solid-state-laser

equipment 23 by the time delay t_2 . Next, a laser beam L22 carries out outgoing radiation from the 4th solid-state-laser equipment 24 by the time delay t_3 . By adjusting suitably the reinforcement and the time delays t_1 - t_3 of each laser beams L11-L22, the pulse PL which has the wave of arbitration equivalent can be formed. Processing by such long pulse PL is the especially effective exposure approach with the laser annealing equipment which needs to control a cooldown delay.

[0034] The reinforcement of each laser beams L11-L22 can be suitably adjusted by attenuating the output of each solid-state-laser equipments 21-24 using a filter etc. The timing of the trigger signal supplied to each solid-state-laser equipments 21-24 from the computer 60 for control can adjust time delays t_1 - t_3 .

[0035] Hereafter, actuation of the laser-beam-machining equipment of the 1st operation gestalt shown in drawing 1 is explained. First, a trigger signal is outputted from the computer 60 for control to the suitable timing for each solid-state-laser equipments 21-24, and outgoing radiation of the laser beams L11-L22 is carried out by suitable time difference and suitable plane of polarization from each solid-state-laser equipments 21-24. It is combined by the joint optical system 30, and each laser beams L11-L22 turn into 2 sets of laser beams L1 and L2 which separate slightly and advance side by side. A beam diameter is expanded through the telescope optical system 40 with the parallel flux of light, and both the laser beams L1 and L2 are piled up spatially. By the homogenizer 50, it is decomposed into the secondary light source of 6x6, and the laser beams L1 and L2 which passed through the telescope optical system 40 are superimposed on the processing side IS, and carry out incidence.

[0036] Under the present circumstances, since the solid-state-laser equipments 21-24 are used as light equipment 20, the stability of a laser output increases as compared with the case where gas laser, such as excimer laser, is used (usually about **1% or less). Therefore, the reinforcement and pulse shape of a laser beam are made with the stable thing. Moreover, since the solid-state-laser equipments 21-24 are small and cheap as compared with gas laser etc., they can plan space-saving-izing and cost reduction of laser-beam-machining equipment, and its maintenance is also easy and cheap. Moreover, since two or more generated laser beams L11-L22 are spatially piled up while generating laser beams L11-L22 in predetermined time difference from four solid-state-laser equipments 21-24, respectively, the pulse configuration of arbitration is generable, increasing a laser output seemingly. thereby -- the processing side IS -- while being able to enlarge exposure area to kick to some extent, the degree of freedom of a process can be raised. Moreover, since quantity of light distribution of a laser beam which carries out incidence to the processing side IS using a homogenizer 50 is made

uniform, uniform laser beam machining of an object domain becomes possible.

[0037] Although the solid-state-laser equipments 21-24 which constitute light equipment 20 were made into four sets, 2-N set (that is, even sets of arbitration) solid-state-laser equipment can constitute light equipment for N from the 1st operation gestalt explained above as the natural number of arbitration. In this case, the laser beam from the solid-state-laser equipment of eye ** (2n-1) watch is considered for n for example, as P polarization as the natural number below N, and the laser beam from the solid-state-laser equipment of eye ** (2n) watch is considered as S polarization. In the joint optical system 30, the laser beam of the couple from the solid-state-laser equipment of eye ** (2n-1) watch and eye ** (2n) watch is combined using the n-th thing among the polarization beam splitters of N individual which constitutes this, it considers as random polarization, and N sets of laser beams of this random polarization are obtained. In the telescope optical system 40, the laser beam which expanded the laser beam of N group, respectively and was bundled by the homogenizer 50 in the bundle is decomposed into much secondary light sources, it superimposes on the processing side IS, and incidence is carried out to homogeneity.

[0038] Thus, if light equipment is constituted using much solid-state-laser equipments and the oscillation timing of each solid-state-laser equipment etc. is adjusted, a pulse generable equivalent will become still longer and will be made with what has various waves.

The [2nd operation gestalt] Drawing 5 is drawing explaining the structure of the laser-beam-machining equipment of the 2nd operation gestalt concerning this invention.

[0039] The laser-beam-machining equipment of the 2nd operation gestalt is used as the light equipment 120 which transforms the light equipment 20 of the 1st operation gestalt, and consists of three solid-state-laser equipments 21 and 22, 123, gives the same sign to the part which is common in the 1st operation gestalt, and omits duplication explanation.

[0040] In this case, light equipment 120 is equipped with the 3rd solid-state-laser equipment 123 which generates the linearly polarized light of suitable plane of polarization besides the 1st and 2nd solid-state-laser equipments 21 and 22. The 3rd solid-state-laser equipment 123 has formed the quarter-wave length plate 129 near the beam outgoing radiation opening. Thereby, the laser beam L20 which carries out incidence to the joint optical system 130 is changed into the circular polarization of light from the linearly polarized light. The laser beam L20 which carried out incidence to the joint optical system 130 will approach with the laser beam L1 which the optical path was changed through the turn mirrors 31 and 32, and was combined by the polarization

beam splitter 34, and will advance to parallel.

[0041] The laser beam L20 from the odd 3rd solid-state-laser equipment 123 which does not constitute the light source units 21 and 22 for generating random polarization from a 2nd operation gestalt explained above is changed into the circular polarization of light. This takes that the problem on a process may occur into consideration, in order that a difference may appear in an absorption coefficient, a reflection factor, etc. according to the polarization direction which carries out incidence to the processing side IS. Therefore, also by the process top linearly polarized light, as long as it is satisfactory, the quarter-wave length plate 129 may be omitted.

[0042] Moreover, although the solid-state-laser equipment which constitutes light equipment 120 was made into three sets, $2N+1$ set (that is, odd sets of arbitration) solid-state-laser equipment can constitute light equipment for N from the above-mentioned 2nd operation gestalt as the natural number of arbitration. In this case, $2-N$ set arranges and constitutes light equipment 120 and the joint optical system 130 like the light equipment of the 1st operation gestalt, and joint optical system, and carries out incidence of the linearly polarized light from the one remaining solid-state-laser equipment to the joint optical system 130 as the circular polarization of light with the quarter-wave length plate 129.

The [3rd operation gestalt] Drawing 6 is drawing explaining the structure of the laser-beam-machining equipment of the 3rd operation gestalt. The equipment of the 3rd operation gestalt is a system incorporating the laser-beam-machining equipment of the 1st operation gestalt.

[0043] The laser annealer of a graphic display lays the work piece W which is the glass plate in which semi-conductor thin films, such as the shape of amorphous [Si], were formed on the front face. Smoothly in three dimension The movable stage 10, The light equipment 20 which contains two or more solid-state-laser equipments 21-24 which generate the laser beam of an ultraviolet area in order to heat the semi-conductor thin film on a work piece W , The joint optical system 30 which combines and bundles two or more laser beams from each solid-state-laser equipments 21-24, The telescope optical system 40 which expands the laser beam which passed through the joint optical system 30, and is piled up spatially, The homogenizer 50 which superimposes on the processing side IS as a homogeneity beam of the same size, and carries out incidence while decomposing the piled-up laser beam into two or more laser beams, The position sensor 70 which detects the location of the stage 10 in which the work piece W was laid, It has the stage driving gear 80 which is the driving means to which only an initial complement moves a stage 10 suitably to homogenizer 50 grade based on the detection

result of a position sensor 70, and the computer main control unit 160 which controls actuation of each part of the whole laser annealer in generalization.

[0044] Hereafter, actuation of the equipment of drawing 6 is explained. First, a work piece W is conveyed and laid on the stage 10 of a laser annealer. Next, incidence of the laser beam LB from exposure optical system is carried out on a work piece W, moving a stage 10 to X shaft orientations to the exposure optical system of homogenizer 50 grade. Thereby, horizontal scanning of the work piece W by the laser beam LB is performed. Furthermore, if vertical scanning which makes Y shaft orientations carry out step migration of the stage 10 for every termination of horizontal scanning is performed, laser annealing of the whole work-piece W surface will become possible. In addition, if not a rectangle but the linear laser beam LB is formed by homogenizer 50 grade, laser annealing of the whole work-piece W surface will become possible only by moving a stage 10 to X shaft orientations.

[0045] On the occasion of the scan of a laser beam LB, the pulse shape which has desired distribution with time is formed by adjusting the timing of each solid-state-laser equipments 21-24 of operation. Thereby, control of a cooldown delay is attained and can respond to various needs. In addition, the exposure field of the laser beam LB of a continuous couple should be connected without the clearance, although suitable amount duplication should be carried out by controlling actuation of a stage 10 suitably.

[0046] As mentioned above, although it was based on the operation gestalt and this invention was explained, this invention is not limited to the above-mentioned operation gestalt. For example, with the above-mentioned operation gestalt, although plane of polarization is rotated using 1/2 wavelength plates 28 and 29, if the 2nd and 4th solid-state-laser equipment 22 and 24 ***** are rotated 90 degrees around an optical axis, 1/2 wavelength plates 28 and 29 will become unnecessary. That is, what is necessary is just to carry out incidence of the plane of polarization of laser beams L11 and L21, and the plane of polarization of laser beams L12 and L22 to the joint optical system 30 by a certain approach as a condition which intersected perpendicularly.

[0047] Moreover, with the above-mentioned operation gestalt, although ultraviolet radiation is generated using the wavelength sensing element 27, if the solid-state-laser component 26 which generates ultraviolet radiation in itself is used, the loss of the energy density by using the wavelength sensing element 27 can be reduced.

[0048] Moreover, when a speckle pattern is formed of a laser beam on the processing side IS, as shown in drawing 7, the components 21a-24a which adjust the optical path length, i.e., a phase, to outgoing radiation opening of each solid-state-laser equipments 21-24 can be formed. Although not illustrated, also in the 2nd operation gestalt, the

component for optical-path-length accommodation can be arranged to outgoing radiation opening of each solid-state-laser equipments 21 and 22,123. Each components 21a-24a can be used as a mere quartz-glass plate, and can be [a speckle pattern] conspicuous and carry out a speckle pattern by adjusting the phase solid-state-laser equipment 21 - between 24.

[0049] Moreover, the laser-beam-machining equipment of the above-mentioned operation gestalt is not used only as laser annealing equipment of liquid crystal or a semi-conductor, and can be applied to various processings of the surface treatment and others of various ingredients.

[0050]

[Effect of the Invention] According to the laser-beam-machining equipment of this invention, stability of a laser output can be made comparatively high and space-saving-izing and cost reduction can be planned so that clearly from the above explanation. Furthermore, the pulse configuration of arbitration is generable, increasing a laser output seemingly.

[0051] Moreover, according to another laser-beam-machining equipment of this invention, stability of a laser output can be made comparatively high and space-saving-izing and cost reduction can be planned. Furthermore, about a laser output, a buildup **** pulse can be generated seemingly and moreover more uniform laser beam machining becomes possible.

[0052] Moreover, also by the laser-beam-machining approach of this invention, stability of a laser output can be made comparatively high and space-saving-izing and cost reduction can be planned. Moreover, the pulse configuration of arbitration is generable, increasing a laser output seemingly. Furthermore, the homogeneity of the quantity of light distribution of a laser beam which carries out incidence to an object side can be secured, and more uniform laser beam machining becomes possible.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing explaining the structure of the laser-beam-machining equipment of the 1st operation gestalt.

[Drawing 2] It is drawing explaining work of the polarization beam splitter which constitutes joint optical system.

[Drawing 3] It is drawing explaining the structure of a homogenizer.

[Drawing 4] It is drawing explaining the composite pulse wave of the laser beam projected on a processing side.

[Drawing 5] It is drawing explaining the structure of the laser-beam-machining

equipment of the 2nd operation gestalt.

[Drawing 6] It is drawing explaining the structure of the laser annealer of the 3rd operation gestalt.

[Drawing 7] It is drawing explaining deformation of the laser-beam-machining equipment of the 1st operation gestalt.

[Description of Notations]

10 Stage

20 Homogenizer

20 Light Equipment

21-24 Solid-state-laser equipment

26 Solid-State-Laser Component

27 Wavelength Sensing Element

28 29 1/2 wavelength plate

30 Joint Optical System

34 Polarization Beam Splitter

40 Telescope Optical System

50 Homogenizer

60 Computer for Control